



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015111868/28, 01.04.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.04.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.04.2015

(45) Опубликовано: 10.05.2016 Бюл. № 13

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: А.Г. Тягунов, Разработки режимов высокотемпературной обработки жидких жаропрочных никелевых сплавов на основе экспериментальных и расчетных показателей, Вестник ЮГРГУ, Металлургия, стр. 74-78, том. 13, N 1, 2013. RU 2477852 C1, 20.03.2013. US 5811970 A1, 22.09.1998. US 6115674 A1, 05.09.2000. WO 2012018541 A1, 09.02.2012. А.Г. Тягунов, Т.К. (см. прод.)

Адрес для переписки:

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,
Центр интеллектуальной собственности, Марк
Т.В.

(72) Автор(ы):

Тягунов Геннадий Васильевич (RU),
Цепелев Владимир Степанович (RU),
Тягунов Андрей Геннадьевич (RU),
Барышев Евгений Евгеньевич (RU),
Поводатор Аркадий Моисеевич (RU),
Вьюхин Владимир Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Уральский
федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина" (RU)

**(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ СТРУКТУРНОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ РАСПЛАВОВ
ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ**

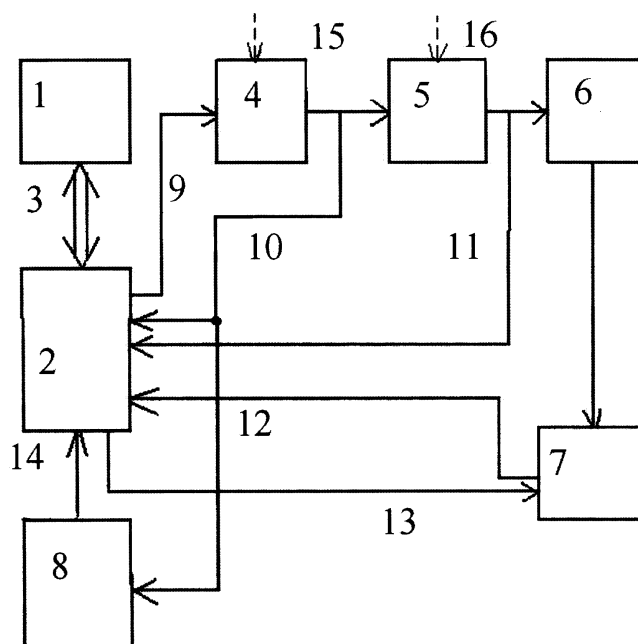
(57) Реферат:

Использование: для определения свойств многокомпонентных сложнотемпературных жаропрочных расплавов, основанного на изучении крутильных колебаний цилиндрического тигля с расплавом. Сущность изобретения заключается в том, что определяют температурные зависимости свойств образца расплава с получением значений в виде электрических сигналов, значения температурных зависимостей подают на вход первого дифференцирующего устройства, с его выхода снимают продифференцированные сигналы, затем продифференцированные сигналы подают на один из входов блока сравнения, отличается тем, что используют второе дифференцирующее устройство, один из входов которого обладает функцией регулировки порога сигнала, выходной

сигнал этого дифференцирующего устройства в виде второй производной преобразуют в однополярные сигналы, передним фронтом первого включают счет импульсов, а задним фронтом последнего выключают счет импульсов в диапазоне температур между температурой гистерезиса t_f и аномальной $t_{ан}$, фиксируют количество импульсов, которое соответствует значению изменения измеряемого свойства, в вышеуказанном диапазоне температур Δt , определяют максимум сигналов первого дифференцирующего устройства $(\Delta p / \Delta t)_{max}$ посредством их пикового детектирования с последующим запоминанием максимальной величины, после выключения счета продолжают увеличивать температуру нагрева образца при возрастающих значениях температуры и

определяют величины измеряемого свойства расплава вплоть до значения критической температуры $t_{кр}$ затем начинают охлаждение образца, продолжают исследовать свойства вплоть до кристаллизации, после чего значение запомненного ранее максимального отношения $(\Delta\rho/\Delta t)_{max}=K_{ипс}$ в виде коэффициента структурной

перестройки $K_{ипс}$ расплава фиксируют как характеристику расплава. Технический результат: обеспечение возможности получения дополнительной информации о расплаве, получения количественного параметра интенсивности структурной перестройки жаропрочных расплавов. 4 ил.



Фиг. 1

(56) (продолжение):

Костина, Е.Е. Барышев, Г.В. Тягунов, Влияние состояния расплава на структуру жаропрочных сплавов типа ЦНК, Вестник ЮГрГУ, Metallurgia, стр. 79-84, том. 13, N 1, 2013.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2015111868/28, 01.04.2015**(24) Effective date for property rights:
01.04.2015

Priority:

(22) Date of filing: **01.04.2015**(45) Date of publication: **10.05.2016** Bull. № 13

Mail address:

**620002, g. Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU, TSentr
intelektualnoj sobstvennosti, Marks T.V.**

(72) Inventor(s):

**Tjagunov Gennadij Vasilevich (RU),
TSepelev Vladimir Stepanovich (RU),
Tjagunov Andrej Gennadevich (RU),
Baryshev Evgenij Evgenevich (RU),
Povodator Arkadij Moiseevich (RU),
Vjukhin Vladimir Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
professionalnogo obrazovaniya "Uralskij
federalnyj universitet imeni pervogo Prezidenta
Rossii B.N. Eltsina" (RU)**(54) **METHOD FOR DETERMINING INTENSITY OF STRUCTURAL ADJUSTMENT OF MELTS OF HIGH-TEMPERATURE ALLOYS**

(57) Abstract:

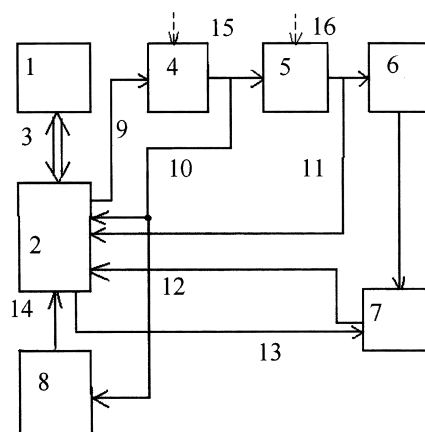
FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention can be used for determining properties of multicomponent complex alloyed heat-resistant melts, based on studying of torsional vibrations of cylindrical crucible with melt. Invention comprises determining temperature dependence of properties of sample melt to obtain values in form of electric signals, values of temperature dependency are supplied to input of first differentiating device, with its output of differentiated signals are removed, then, differentiated signals are supplied to one of inputs of comparator unit, characterised by that a second differentiator, one of inputs of which has a function of adjustment of threshold signal, output signal of differentiating device in form of second derivative is converted into output signals, leading edge of first turns on pulse count, and rear edge of latter switched off pulse count in range of temperatures between temperature hysteresis t_g and abnormal t_{an} , number of pulses, which corresponds to value of change of measured properties, in said temperature range Δt determined maximum signals of first differentiating device $(\Delta\rho/\Delta t)_{max}$ by means of their peak detector with subsequent storage maximum value, after switching off account of sample heating temperature is increased at increasing temperature values and value of measured

properties of melt up to value of critical temperature t_{cr} then cooling sample is continued study properties up to crystallisation, after which value of previously stored maximum $(\Delta\rho/\Delta t)_{max} = K_{ips}$ in form of structural adjustment factor K_{ips} of melt fixed as characteristic of melt.

EFFECT: technical result is possibility of obtaining additional information on melt, obtaining quantitative parameter of intensity of structural adjustment of heat-resistant melts.

1 cl, 4 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к технической физике, а именно, к способам контроля и измерения термозависимостей, или политерм, физических свойств веществ, и предназначено для определения свойств многокомпонентных сложнелегированных жаропрочных металлических сплавов, преимущественно на основе никеля, при бесконтактном измерении политерм электросопротивления ρ образцов этих расплавов фотометрическим методом, основанным на изучении крутильных колебаний цилиндрического тигля с расплавом. Дополнительной сферой применения являются металлургические процессы, в частности разработка технологических схем производства сплавов с заданными свойствами.

Изучение термозависимостей свойств образцов металлических сплавов объемом в единицы см^3 позволяет определить их структурно-чувствительные характеристики, проводить прогностический анализ и давать рекомендации для получения сплавов с заданными характеристиками, например выделять гистерезисные характеристики цикла нагрева - охлаждения, характерные температуры гистерезиса t_{Γ} , аномальные $t_{\text{ан}}$ и критические температурные точки. Для исследований жаропрочных многокомпонентных металлических расплавов, преимущественно на основе никеля, в основном используют бесконтактный фотометрический - на базе измерения траектории отраженного от зеркала светового луча - «зайчика», способ определения параметров расплава, в частности удельного электросопротивления ρ изучаемого образца, методом вращающегося магнитного поля, посредством изучения параметров крутильных колебаний упругой нити с подвешенным на ней в электропечи тиглем с этим образцом - см. патент РФ №2457473 - аналог.

Вид и характеристики температурных зависимостей отражают различные физико-химические и структурные параметры сплава, в том числе аномалии, скачкообразные структурные изменения или перестройки, происходящие в расплаве, причем такой анализ требует высокой квалификации и опыта экспериментатора. Как правило, образующийся в процессе выплавки расплав является неравновесным. При этом под равновесным состоянием понимают равномерное распределение атомов элементов в расплаве по нанобъемам - кластерам жидкого металла, а однородное состояние достигают при равномерном распределении кластеров различного химического состава по всему объему образца. Уровень равновесности и однородности расплава оказывает влияние на переохлаждение жидкого металла при разливке, характере струи, процессов кристаллизации: диффузии элементов, формировании дендритной структуры, выделении различных фаз и проч. В дальнейшем это отражается на технологических и служебных характеристиках - микротвердости, пластичности, теплопроводности, ковкости, свариваемости, обрабатывании резанием и т.д.

Характер структурных изменений при нагреве жидкого металла не монотонен. В частности, для группы сплавов с высокой легированностью известна - см. фиг. 2, типовая температурная зависимость удельного электросопротивления $\rho(t)$, патент РФ №2299425, фиг. 4. с. 9 - аналог. Для подобных сплавов монотонная зависимость сохраняется лишь до определенных аномальных температур $t_{\text{ан}}$, при этом интервал температур от температуры ликвидуса $t_{\text{Л}}$ до аномальных температур $t_{\text{ан}}$ отражает термическую устойчивость первичной неравновесной структуры расплава, образующейся после плавления шихты. Интенсивное увеличение удельного электросопротивления $\rho(t)$ начинается от $t_{\text{ан}}$ и продолжается по сложной кривой до температуры гистерезиса t_{Γ} , но устойчивое состояние формирующейся равновесной структуры расплава достигается лишь при нагреве до критических температур $t_{\text{кр}}$. Температурный интервал между $t_{\text{ан}}$

и температурой гистерезиса t_g характеризует интенсивность перестройки структуры расплава в равновесное состояние, т.е. $\Delta t_{инп} = t_g - t_{ан}$. Поскольку температурный интервал $\Delta t_{инп}$ зависит от качественного и количественного состава сплавов, он может существенно отличаться у различных сплавов, как и удельное электросопротивление $\rho(t)$, причем вид $\rho(t)$ при охлаждении свидетельствует о сохранении равновесного структурного состояния вплоть до температур кристаллизации. Поэтому динамику состояния расплава при различных температурах целесообразно описать последовательностью структурообразования.

Прототипом изобретения является способ определения интенсивности структурной перестройки расплавов жаропрочных сплавов, при котором определяют температурные зависимости свойств образца расплава, например удельного электросопротивления ρ , с получением значений свойств в виде электрических сигналов, которые отображают на одном из каналов многоканального дисплея, значения температурных зависимостей свойств расплава подают на вход первого дифференцирующего устройства, с его выхода снимают продифференцированные сигналы, которые синхронно со значениями температурных зависимостей свойств расплава отображают на втором канале многоканального дисплея, затем продифференцированные сигналы подают на один из входов блока сравнения, выходные сигналы которого подают на третий канал многоканального дисплея - см. пат. РФ №2477852.

Недостатками определения интенсивности структурной перестройки расплавов жаропрочных сплавов посредством вышеуказанных аналогов и прототипа являются недостаточность, неоднозначность и субъективность качественной оценки при отсутствии количественной оценки этой перестройки. В конечном итоге, не обеспечена точность оценки интенсивности структурной перестройки расплава посредством изучения термозависимостей свойств жаропрочных металлических расплавов.

Задачей предлагаемого изобретения является обеспечение получения дополнительной информации о расплаве, получение количественного параметра интенсивности структурной перестройки расплавов жаропрочных сплавов, уменьшение субъективности оценки динамики параметров термозависимостей, повышение наглядности и точности оценки этой перестройки, а также обеспечение проведения экспериментов персоналом невысокой квалификации, в том числе студентами.

Для решения поставленной задачи предлагается способ определения интенсивности структурной перестройки расплавов жаропрочных сплавов.

Способ определения интенсивности структурной перестройки расплавов жаропрочных сплавов, при котором определяют температурные зависимости свойств образца расплава, например, удельного электросопротивления ρ , с получением значений свойств в виде электрических сигналов, которые отображают на одном из каналов многоканального дисплея, значения температурных зависимостей свойств образца расплава подают на вход первого дифференцирующего устройства, с его выхода снимают продифференцированные сигналы, которые, синхронно со значениями температурных зависимостей свойств образца расплава, отображают на втором канале многоканального дисплея, затем продифференцированные сигналы подают на один из входов блока сравнения, выходные сигналы которого подают на третий канал многоканального дисплея, отличается тем, что в качестве блока сравнения используют по меньшей мере двухвходовое второе дифференцирующее устройство, один из входов которого обладает функцией регулировки порога значений электрического сигнала, выходной сигнал этого дифференцирующего устройства в виде второй производной

посредством использования буферных узлов преобразуют в однополярные сигналы, передним фронтом первого из них включают счет импульсов, а задним фронтом последнего из них выключают счет импульсов в диапазоне температур $\Delta t = t_r - t_{ан}$ расплава между температурой гистерезиса t_r и аномальной $t_{ан}$ температурой, фиксируют

количество импульсов, которое соответствует значению изменения величины измеряемого свойства образца расплава, например его удельного электросопротивления $\Delta\rho$ в вышеуказанном диапазоне температур Δt образца расплава, определяют максимальную величину продифференцированных сигналов первого дифференцирующего устройства $(\Delta\rho/\Delta t)_{max}$ посредством процедуры их пикового детектирования с последующим запоминанием этой максимальной величины, после выключения счета продолжают увеличивать температуру нагрева образца расплава при по меньшей мере трех возрастающих значениях температуры и определяют величины измеряемого свойства расплава вплоть до значения критической температуры $t_{кр}$ затем начинают стандартную процедуру охлаждения образца расплава, продолжают исследовать свойства этого образца при его охлаждении вплоть до кристаллизации, после чего значение запомненного ранее максимального отношения $(\Delta\rho/\Delta t)_{max} = K_{ипс}$ в виде коэффициента структурной перестройки $K_{ипс}$ расплава фиксируют как характеристику данного расплава.

Отличительные признаки предлагаемого способа обеспечивают технический результат - получение количественного параметра интенсивности структурной перестройки расплавов жаропрочных сплавов в виде коэффициента структурной перестройки $K_{ипс}$ расплава, уменьшение субъективности оценки этой перестройки, повышение наглядности и точности оценки интенсивности вышеуказанной структурной перестройки, а также обеспечение возможности проведения экспериментов персоналом невысокой квалификации, в том числе студентами.

Изобретение поясняется чертежами, где:

фиг. 1 - блок-схема измерительного комплекса;

фиг. 2 - типовая зависимость удельного электросопротивления ρ от температуры t при нагреве и охлаждении высоколегированного многокомпонентного жаропрочного сплава;

фиг. 3 - температурная зависимость, первая и вторая производные удельного электросопротивления ρ жаропрочного сплава ЖС-36(0,002 С);

фиг. 4 - температурная зависимость, первая и вторая производные удельного электросопротивления ρ жаропрочного сплава ЖС-36(0,006 С);

Предлагаемый способ осуществляют посредством комплекса, который содержит лабораторную установку 1, компьютер 2 с дисплеем, связанный шиной данных и управляющих сигналов 3 с установкой 1, первое дифференцирующее устройство 4, второе дифференцирующее устройство 5, буферный блок 6, счетчик импульсов 7, пиковый детектор 8. Установка 1 предназначена для измерения удельного электросопротивления ρ металлических расплавов фотометрическим методом путем определения параметров крутильных колебаний упругой нити с подвешенным на ней внутри изотермической зоны в области вращающегося 50-Гц магнитного поля в 30-кВт вакуумной электропечи керамическим тиглем с образцом расплава объемом в единицы $см^3$. Дисплей компьютера 2 используют в том числе как устройство отображения информации в виде многоканального дисплея. Первое и второе дифференцирующие устройства 4 и 5, буферный блок 6, счетчик импульсов 7, пиковый детектор 8

предпочтительно реализуют программно в виде виртуальных компьютерных блоков в составе компьютера 2 или в виде нижеперечисленных устройств. Оба дифференцирующие устройства 4 и 5 реализуют в виде дифференциатора на операционном усилителе (ОУ) с RC-цепью - см. Дж. Рутковски. Интегральные операционные усилители. - М.: Мир, 1978, с. 295. На один из входов ОУ как первого, так и второго дифференцирующего устройства 4 и 5 подают опорное напряжение (уровень) $U^4_{оп}$ и $U^5_{оп}$ с отдельно регулируемой от нуля до $\pm U_{max}$ величиной для каждого из дифференцирующих устройств 4 и 5, в соответствии с опытом, накопленным за некоторое количество экспериментов либо заранее заданной величиной. Буферный блок 6 реализуют в виде повторителя и инвертора КМОП-логики, например CD4041A - см. В.Л. Шило. Популярные цифровые микросхемы, Справочник. - М.: Радио и связь, 1987, с. 213. Счетчик импульсов 7 собран на асинхронном 14-разрядном КМОП-счетчике импульсов K561IE16 - см. вышеотмеченный В.Л. Шило ... с. 246. Пиковый детектор 8 собран на диоде КД 503 с ОУ - см. Б.И. Горошков. Элементы радиоэлектронных устройств. - М.: Радио и связь, 1989, с. 98. Выходные сигналы обоих дифференцирующих устройств 4 и 5, а также пикового детектора 8 вводят через вход многоканального АЦП или через СОМ-порт в компьютер 2 и выводят на дисплей компьютера 2.

Предлагаемый способ осуществляют следующим образом. Проводят штатный эксперимент по регистрации температурных зависимостей удельного электросопротивления ρ изучаемого образца жаропрочного сплава на установке 1. При этом сигналы 9, соответствующие значениям $\rho(t)$, т.е. одному из свойств жаропрочных расплавов, которые отображают на одном из каналов многоканального дисплея компьютера 2, подают на вход первого дифференцирующего устройства 4. С его выхода снимают продифференцированные сигналы 10, которые адекватно значениям температурных зависимостей свойств расплава $\rho(t)$ отображают посредством второго канала многоканального дисплея компьютера 2. Кроме того, продифференцированные сигналы 10 подают на вход пикового детектора 8, с выхода которого на вход компьютера 2 поступает электрический сигнал, уровень которого пропорционален текущему максимальному значению продифференцированных сигналов 10, т.е. первой производной $(d\rho/dt)_{max}$. Параметры этого сигнала 14 запоминают в памяти компьютера 2. Опорное напряжение (уровень) $U^4_{оп}$ и $U^5_{оп}$ с отдельно регулируемой от нуля до $\pm U_{max}$ величиной для каждого из дифференцирующих устройств 4 и 5 могут быть в соответствии с опытом, накопленным за некоторое количество экспериментов, либо регулируемой экспериментатором, либо заранее заданной величиной. Одновременно продифференцированные сигналы 10 подают на вход второго дифференцирующего устройства 5, выходные сигналы 11 которого в виде второй производной $\rho(t)$, т.е. $d^2\rho/dt^2$, подают на буферный блок 6, который разнополярные выходные сигналы 11 преобразует в однополярные сигналы, и на третий канал многоканального дисплея компьютера 2. Выходной сигнал 12 счетчика импульсов 7 подают в компьютер 2. Однополярные выходные сигналы с выхода буферного блока 6 передним фронтом первого из них включают счет импульсов 13, подаваемых от внутреннего генератора тактовых импульсов компьютера 2, посредством счетчика импульсов 7, а задним фронтом последнего из них выключают счет импульсов 13 в диапазоне температур $\Delta t = t_T - t_{ан}$ расплава между температурой гистерезиса t_T и аномальной $t_{ан}$ температурой, фиксируют в памяти компьютера 2 количество импульсов, которое соответствует значению изменения величины измеряемого свойства образца расплава, т.е. его

удельного электросопротивления $\Delta\rho$ в вышеуказанном диапазоне температур Δt образца расплава. Кроме того, при этом визуально оценивают осциллограммы вышеуказанных каналов. Во время экспериментов выделяют штатные характерные параметры на предполагаемых термозависимостях - см. фиг. 2, в частности ρ , при температурах ликвидуса t_L , гистерезиса t_H , аномалий $t_{ан}$, критической $t_{кр}$.

В качестве первого примера на фиг. 3 приведены термозависимости удельного электросопротивления $\rho(t)$ при нагреве 17 и охлаждении 18 образца жаропрочного сплава ЖС-36(0,002 С), графики первой производной 10 при нагреве 19 и охлаждении 20, а также второй производной 11 при нагреве 21 и охлаждении 22. При этом могут быть использованы регулируемые пороги 23 и 24, отсекающие из анализа результатов значения вышеотмеченных параметров 10 и 11, не представляющие интереса в конкретном эксперименте. Аналогичные графики термозависимости удельного электросопротивления $\Delta\rho$ при нагреве 25 и охлаждении 26 образца жаропрочного сплава ЖС-36(0,006С) приведены на фиг. 4 вместе с графиками первой производной 10 при нагреве 27 и охлаждении 28, а также второй производной 11 при нагреве 29 и охлаждении 30. При этом аналогично могут быть использованы регулируемые пороги 31 и 32, отсекающие из анализа результатов значения вышеотмеченных параметров 10 и 11, не представляющие интереса в конкретном эксперименте. Различие характеристик этих сплавов определяет прежде всего содержание в них углерода С.

После достижения температуры гистерезиса t_H значения как первой 10, так и второй 11 производных становятся практически нулевыми, однако нагрев образца продолжают, как выше отмечено, для получения еще по меньшей мере трех значений $\rho(t)$ вплоть до критической температуры $t_{кр}$ образца жаропрочного сплава. После этого, если значения величин первой 10 и второй 11 производных остаются нулевыми, пренебрежимо малыми или лежащими ниже пороговых значений 23, 24, 31, 32, например, меньше 0,5 максимальной величины первой 10 и второй 11 производных, компьютер 2 начинает процесс охлаждения изучаемого образца, в том числе без участия экспериментатора.

Дополнительной характеристикой динамики происходящих процессов может служить коэффициент интенсивности структурной перестройки $K_{ипс} = \Delta\rho/\Delta t = \Delta\rho/\Delta t_{ипс}$. При этом $\Delta\rho$ представляет собой разницу величин удельного электросопротивления ρ при аномальной температуре на температурных зависимостях $\rho(t)$ нагрева и охлаждения, в том числе отношением $\Delta\rho/\Delta t_{ипс}$. Величина $\Delta t_{ипс}$ - это значение температурного интервала между t_H и $t_{ан}$, т.е. $\Delta t_{ипс} = t_H - t_{ан}$.

Значение максимального отношения $(\Delta\rho/\Delta t)_{max} = K_{ипс max}$ в виде коэффициента структурной перестройки $K_{ипс}$ каждого из сплавов в соответствии с фиг. 3 и фиг. 4, равно $K_{ипс 1 max} = 0,5$ и $K_{ипс 2 max} = 0,25$ и характеризует интенсивность процессов установления равновесного и однородного состояния каждого расплава. Косвенно это отражает и энерготраты, характеризующие процесс получения данного сплава. При этом, как отмечено выше, равновесное состояние - это равномерное распределение атомов элементов в расплаве по кластерам расплава жидкого металла, а однородное состояние достигают при равномерном распределении кластеров различного химического состава по всему объему образца.

Таким образом, предложенный способ позволяет получить значение $K_{ипс}$ и расширить объем информации об изучаемом сплаве. По мере накопления опыта по групповому использованию сигналов, соответствующих значениям политерм одного из свойств расплава, например $\rho(t)$, совместно с сигналами, отражающими значения его первой и

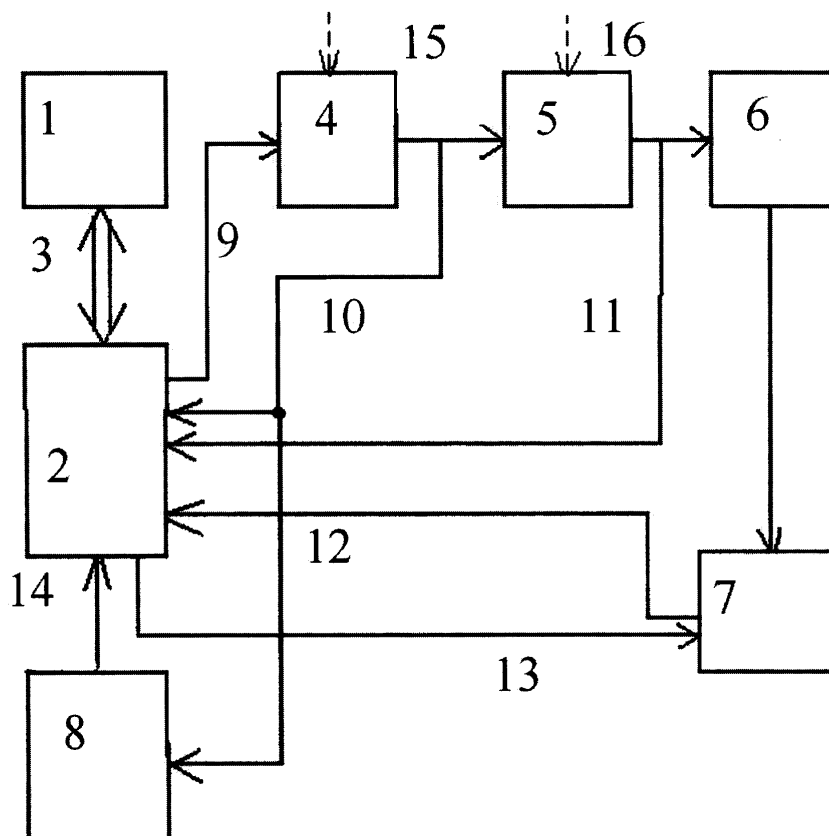
второй производных, у экспериментатора появляется наглядная дополнительная объективная информация о значениях и параметрах динамики политерма, в том числе в количественной форме.

Предложенное техническое решение, содержит вышеуказанную совокупность ограничительных и отличительных признаков, не выявленных в известном уровне техники, что при достижении вышеописанного технического результата позволяет считать предложенное техническое решение имеющим изобретательский уровень.

Формула изобретения

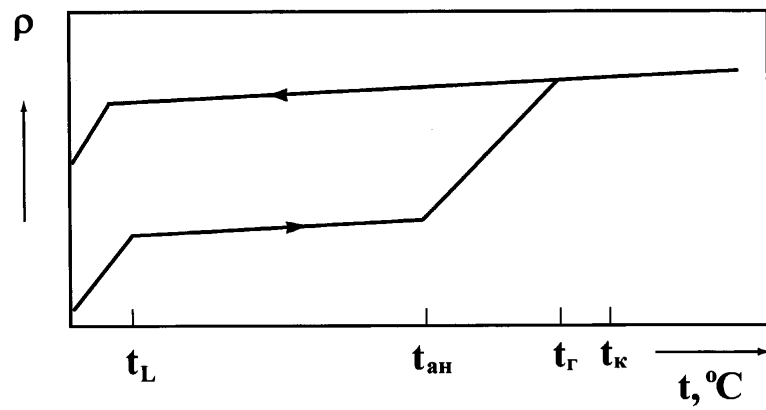
Способ определения интенсивности структурной перестройки расплавов жаропрочных сплавов, при котором определяют температурные зависимости свойств образца расплава, например удельного электросопротивления ρ , с получением значений свойств в виде электрических сигналов, которые отображают на одном из каналов многоканального дисплея, значения температурных зависимостей свойств образца расплава подают на вход первого дифференцирующего устройства, с его выхода снимают продифференцированные сигналы, которые синхронно со значениями температурных зависимостей свойств образца расплава отображают на втором канале многоканального дисплея, затем продифференцированные сигналы подают на один из входов блока сравнения, выходные сигналы которого подают на третий канал многоканального дисплея, отличается тем, что в качестве блока сравнения используют по меньшей мере двухходовое второе дифференцирующее устройство, один из входов которого обладает функцией регулировки порога значений электрического сигнала, выходной сигнал этого дифференцирующего устройства в виде второй производной посредством использования буферных узлов преобразуют в однополярные сигналы, передним фронтом первого из них включают счет импульсов, а задним фронтом последнего из них выключают счет импульсов в диапазоне температур $\Delta t = t_r - t_{ан}$ расплава между температурой гистерезиса t_r и аномальной $t_{ан}$ температурой, фиксируют количество импульсов, которое соответствует значению изменения величины измеряемого свойства образца расплава, например его удельного электросопротивления $\Delta\rho$, в вышеуказанном диапазоне температур Δt образца расплава, определяют максимальную величину продифференцированных сигналов первого дифференцирующего устройства $(\Delta\rho/\Delta t)_{max}$ посредством процедуры их пикового детектирования с последующим запоминанием максимальной величины, после выключения счета продолжают увеличивать температуру нагрева образца расплава при по меньшей мере трех возрастающих значениях температуры и определяют величины измеряемого свойства расплава вплоть до значения критической температуры $t_{кр}$, затем начинают стандартную процедуру охлаждения образца расплава, продолжают исследовать свойства этого образца при его охлаждении вплоть до кристаллизации, после чего значение запомненного ранее максимального отношения $(\Delta\rho/\Delta t)_{max} = K_{ипс}$ в виде коэффициента структурной перестройки $K_{ипс}$ расплава фиксируют как характеристику данного расплава.

Способ определения интенсивности
структурной перестройки расплавов
жаропрочных сплавов



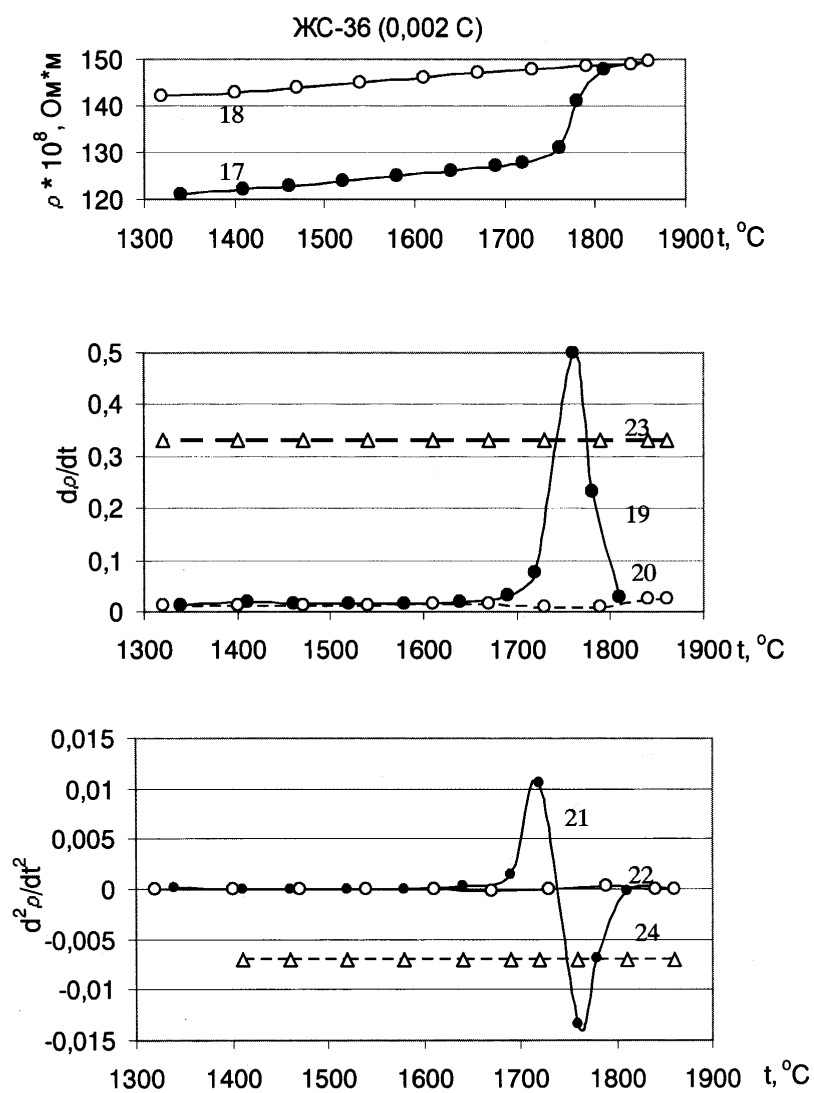
Фиг. 1

Способ определения интенсивности
структурной перестройки расплавов
жаропрочных сплавов



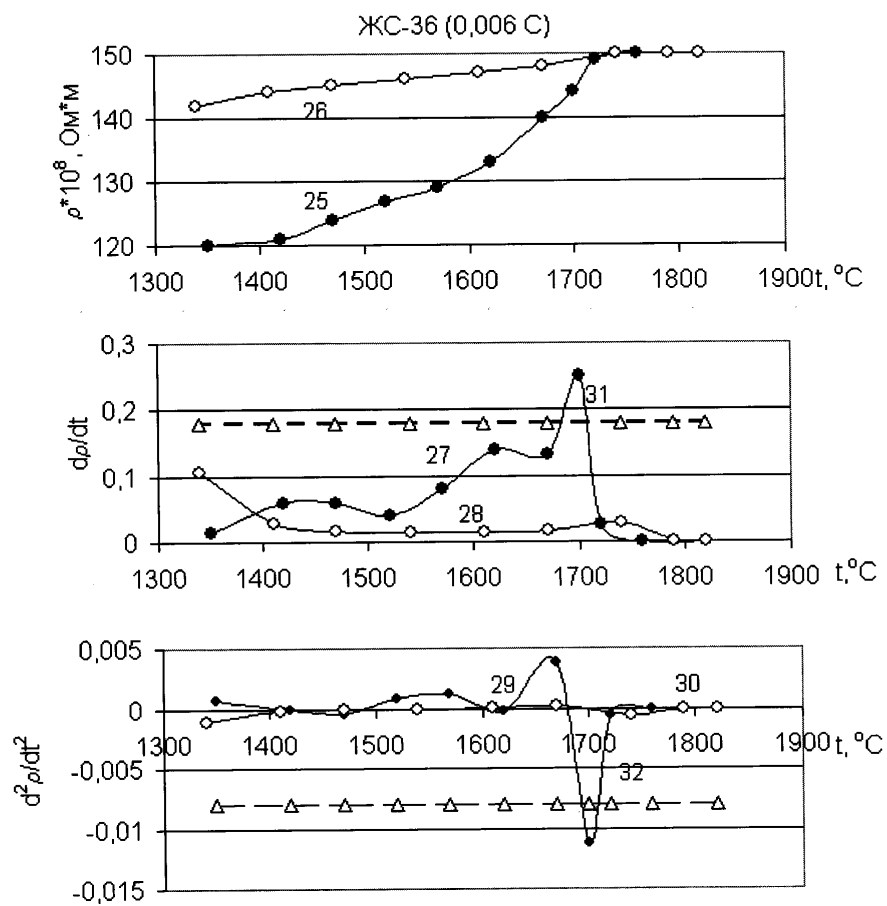
Фиг. 2

Способ определения интенсивности
структурной перестройки расплавов
жаропрочных сплавов



Фиг. 3

Способ определения интенсивности
структурной перестройки расплавов
жаропрочных сплавов



Фиг. 4